

# Mission Jupiter – Das ultimative Escape Game zu den Galileischen Monden

In Bezug zu „Trockeneis auf Jupitermond Europa“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 09/2024, Zielgruppe: Mittelstufe, WIS-ID: 1571252

Christian Wolff

Der folgende WIS-Beitrag bietet ein spannendes **Escape Game**, das die Teilnehmer auf eine Mission zu den Galileischen Monden des Jupiters führt. Mit **interaktiven Rätseln** und faszinierenden wissenschaftlichen Herausforderungen tauchen die Schülerinnen und Schüler tief in die Geheimnisse von Io, Europa, Ganymed und Kallisto ein.

Die dargestellten Materialien sind primär für die Mittelstufe konzipiert und eignen sich **für den naturwissenschaftlichen und fächerübergreifenden Unterricht** sowie für die **freie Projektarbeit**.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Physik	Mechanik Elektromagnetismus	<a href="#">Gravitation</a> , <a href="#">Gezeitenreibung</a> <a href="#">Magnetfeld</a>
Astronomie	Kleinkörper	<a href="#">Galileische Monde</a> , <a href="#">Io</a> , <a href="#">Europa</a> , <a href="#">Ganymed</a> , <a href="#">Kallisto</a> , <a href="#">Meteoritkrater</a>
Fächerver- bindung	Astro-Biologie Astro-Chemie Astro-Geographie  Astro-Mathematik	Bedingungen für extraterrestrisches Leben Atmosphärenzusammensetzungen, chemische Elemente Oberflächenformen, <a href="#">Vulkanismus</a> , <a href="#">Schalenaufbau von Monden</a> Koordinaten <a href="#">Volumenberechnung von Kugeln</a> , <a href="#">Berechnung Kraterdichte</a>
Lehre allgemein	Kompetenzen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation) Lehrformen, Unterrichtsmittel	<a href="#">Lerninhalte vertiefen</a> , Wissensvernetzung, <a href="#">Problemlösefähigkeiten verbessern</a> , <a href="#">Kommunikationsfähigkeiten verbessern</a> , <a href="#">Escape Game</a> , Gruppenarbeit, Stationsarbeit, Lerntheke, Kartenarbeit, freie Projektarbeit Sachtexte, Arbeitsblätter, Rätsel, Spiele



Abbildung 1: Die vier Galileischen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto. © NASA.

## Die Galileischen Monde

[zurück zum Anfang](#)

Die Galileischen Monde sind die vier größten Monde des Gasplaneten Jupiter und wurden im Jahr 1610 von dem italienischen Astronomen Galileo Galilei entdeckt. Diese Monde heißen Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Sie zählen zu den größten natürlichen Satelliten im Sonnensystem. Die Entdeckung der Galileischen Monde war ein Meilenstein in der Geschichte der Astronomie und trug maßgeblich zur Akzeptanz des heliozentrischen Weltbildes bei.

Die vier Galileischen Monde im Überblick:

- **Io** ist der innerste der vier Galileischen Monde und befindet sich etwa 421.700 Kilometer von Jupiter entfernt. Er ist der vulkanisch aktivste Körper im Sonnensystem mit hunderten aktiven Vulkanen, die Schwefel und Schwefeldioxid ausstoßen. Diese Aktivität wird durch die starken Gezeitenkräfte verursacht, die Jupiters Gravitationsfeld auf den Mond ausübt. Die Oberfläche von Io ist geprägt von farbenfrohen Schwefelablagerungen und riesigen Lavaseen.
- **Europa** ist der zweitnächste Mond und liegt etwa 670.900 Kilometer von Jupiter entfernt. Dieser Mond ist besonders interessant für Wissenschaftler, da er eine glatte, eisige Oberfläche besitzt, unter der sich höchstwahrscheinlich ein globaler Ozean aus flüssigem Wasser befindet. Diese Eigenschaften machen Europa zu einem vielversprechenden Kandidaten für die Suche nach außerirdischem Leben. Die eisige Kruste weist viele Risse und Linien auf, die durch das Aufbrechen und erneute Gefrieren des Eises entstehen.
- **Ganymed** ist mit einem Durchmesser von etwa 5.268 Kilometern der größte Mond im Sonnensystem und liegt etwa 1.070.400 Kilometer von Jupiter entfernt. Er ist sogar größer als der Planet Merkur. Ganymed besitzt eine magnetische Eigenaktivität und eine komplexe Struktur, die aus einem metallischen Kern, einem silikatischen Mantel und einer eisigen Kruste besteht. Die Oberfläche zeigt eine Mischung aus älteren, stark verkraterten Regionen und jüngeren, glatteren Gebieten.
- **Kallisto** ist der äußerste der Galileischen Monde und liegt etwa 1.882.700 Kilometer von Jupiter entfernt. Dieser Mond ist stark verkratert und weist die älteste Oberfläche aller Monde im Sonnensystem auf. Er hat keine nennenswerte geologische Aktivität, was ihn zu einem sehr stabilen Objekt macht. Kallisto besteht aus einem etwa gleichen Anteil an Gestein und Eis und könnte ebenfalls einen unterirdischen Ozean enthalten.

Die Galileischen Monde sind nicht nur aufgrund ihrer Größe und Nähe zu Jupiter von Interesse, sondern auch wegen ihrer unterschiedlichen geologischen und potenziellen biologischen Eigenschaften.

## Was sind Escape Games?

Escape Games, auch bekannt als Escape Rooms, sind interaktive Spiele, bei denen eine Gruppe von Personen – im klassischen Sinne - in einem Raum eingeschlossen wird und/oder verschiedene Rätsel und Aufgaben lösen muss, um innerhalb einer festgelegten Zeit ein bestimmtes Ziel zu erreichen, wie z. B. das Finden von Codes oder das Lösen eines Mysteriums.

Im schulischen Kontext können diese Spiele genutzt werden, um Teamarbeit, **Problemlösungsfähigkeiten** und kreatives Denken zu **fördern**. Sie bieten Schülern eine spannende Möglichkeit, **Lerninhalte** auf spielerische Weise zu **vertiefen** und ihre **Kommunikationsfähigkeiten** zu **verbessern**. Zudem stärken Escape Games den Klassenzusammenhalt und können als innovative Methode im Unterricht eingesetzt werden, um den Lernprozess dynamischer und motivierender zu gestalten.

## Wie wird das vorliegende Escape Game gespielt?

[zurück zum Anfang](#)

### Spielziel:

Das Ziel des Spiels ist es, als Crewmitglied des Raumfahrzeugs „Galileo Explorer“ die vier größten Jupitermonde zu erkunden, verschiedene wissenschaftliche Aufgaben zu lösen und am Ende die korrekten Antworten in Zahlenwerte umzuwandeln, um einen finalen Code zu erhalten, der den Startcode für die Rückkehr zur Erde bildet.

### Didaktisch-methodischer Hintergrund:

Die Crew soll durch das Lösen der wissenschaftlichen Aufgaben und das Sammeln von Daten über die Jupitermonde nicht nur ihr Wissen erweitern, sondern auch Teamarbeit und Problemlösungsfähigkeiten unter Beweis stellen. Das Escape Game soll Spaß machen und gleichzeitig lehrreich sein.

### Spielmaterialien:

- Infotexte zu den Galileischen Monden Io, Europa, Ganymed und Kallisto
- Aufgabenblätter für die vier Stationen
- Schreibmaterial
- Taschenrechner (optional)
- Ein vorbereiteter Umschlag mit dem finalen PIN-Code. Alternativ kann hier auch ein Zahlenschloss oder eine interaktive PIN-Eingabe verwendet werden.

### Spielverlauf:

1. **Einleitung:** Die Crew erhält eine Einführung durch die irdische Bodenkontrolle, die ihnen die Mission erklärt. Hierzu muss die beiliegende Missionsbeschreibung (z. B. von einem Schüler oder der Lehrkraft) vorgelesen werden. Die Crew soll dann verschiedene Stationen auf den Jupitermonden besuchen, an denen sie wissenschaftliche Aufgaben lösen müssen. Jede gelöste Aufgabe liefert ihnen eine weitere Stelle des finalen PIN-Codes.
2. **Durchlaufen der Station 1: Jupitermond Io**
3. **Durchlaufen der Station 2: Jupitermond Europa**
4. **Durchlaufen der Station 3: Jupitermond Ganymed**
5. **Durchlaufen der Station 4: Jupitermond Kallisto**
6. **Finale Mission/ Codeeingabe:** Nach erfolgreichem Absolvieren der vier Stationen gibt die Crew den finalen Code in das Steuerungssystem des Raumfahrzeugs ein. Wenn der Code korrekt ist, wird das Raumfahrzeug aktiviert und die Crew kann zur Erde zurückkehren. Ist der Code falsch, müssen sie die Antworten überprüfen und den Code entsprechend korrigieren. Die Codeeingabe kann durch den Vergleich mit der beigelegten Vorlage (im verschlossenen Briefumschlag), per Zahlenschloss oder per interaktiver PIN-Eingabe erfolgen.
7. **Spielende:** Das Spiel endet, wenn die Crew erfolgreich den richtigen Code eingegeben hat und das Raumfahrzeug zur Erde zurückkehren kann. Alternativ endet das Spiel, wenn die vorgegebene Zeit (z. B. 60 oder 90 Minuten) abgelaufen ist oder die Crew entscheidet, das Spiel abzubrechen.

## Gliederung der vorliegenden Materialien:

[zurück zum Anfang](#)

1	<a href="#">Missionsbeschreibung</a>
2	<a href="#">Infotexte zu den Galileischen Monden</a>
3	<a href="#">Oberflächenkarte von Io für Station 1</a>
4	<a href="#">Station 1: Jupitermond Io</a>
5	<a href="#">Station 2: Jupitermond Europa</a>
6	<a href="#">Station 3: Jupitermond Ganymed</a>
7	<a href="#">Station 4: Jupitermond Kallisto</a>
8	<a href="#">Lösungen</a>
9	<a href="#">Quellenangaben</a>



Abbildung 2: Escape Games im Schulunterricht. © Selbst erstellt mit DALL-E.

## Missionsbeschreibung

Im Jahr 2084 hat die Menschheit bedeutende Fortschritte in der Weltraumforschung gemacht. Ihr, eine Gruppe mutiger Schülerinnen und Schüler, seid auserwählt worden, eine aufregende und wichtige Mission zu erfüllen. An Bord des hochmodernen Raumschiffs "Galileo Explorer" macht ihr euch auf den Weg, die vier größten Monde des Jupiters zu erforschen: Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Diese Galileischen Monde bergen unzählige Geheimnisse und sind von großer Bedeutung für das Verständnis unseres Sonnensystems.



Nachdem ihr erfolgreich die Umlaufbahn um Jupiter erreicht habt, seid ihr bereit, eure Mission zu beginnen. Hierzu erhaltet ihr eine Nachricht von der irdischen Bodenkontrolle:

"Hier spricht die Bodenkontrolle. Willkommen, tapfere Forscher! Ihr habt einen weiten Weg zurückgelegt und nun wartet die spannendste Phase eurer Mission auf euch. Die Galileischen Monde – Io, Europa, Ganymed und Kallisto – bergen viele Geheimnisse, die es zu entdecken gilt. Eure Aufgabe ist es, diese Monde zu erforschen und dabei Rätsel zu lösen, die uns wichtige Erkenntnisse bringen. Jede erfolgreiche Mission wird euch eine PIN-Zahl liefern. Diese Zahlen werden zusammen den Startcode für eure sichere Rückkehr zur Erde ergeben.

Ihr werdet auf vielfältige Herausforderungen und Rätsel stoßen, während ihr folgende Monde nacheinander erkundet:

**Io:** Der vulkanisch aktive Mond Io erwartet euch. Hier werdet ihr die beeindruckenden Naturphänomene und die mysteriösen Kräfte, die diesen Mond formen, erkunden.

**Europa:** Auf dem eisigen Mond Europa sollt ihr die geheimnisvollen Tiefen unter der eisigen Kruste untersuchen. Diese Erkundung könnte bahnbrechende Entdeckungen zutage fördern.

**Ganymed:** Der größte Mond im Sonnensystem, Ganymed, hält viele Überraschungen bereit. Eure Aufgabe ist es, die einzigartigen Eigenschaften dieses gigantischen Himmelskörpers zu erforschen.

**Kallisto:** Der alte und stark verkraterte Mond Kallisto ist eine Schatzkammer der Geschichte. Ihr werdet seine Oberfläche und die verborgenen Geheimnisse untersuchen.

Während eurer Expedition müsst ihr zusammenarbeiten, euer Wissen anwenden und euren Einfallsreichtum nutzen, um jede Aufgabe zu lösen. Die Bodenkontrolle wird euch bei Bedarf unterstützen und sicherstellen, dass ihr alle erforderlichen Hinweise und PIN-Zahlen sammelt.

Sobald ihr alle vier PIN-Zahlen zusammengetragen habt, müsst ihr sie zusammensetzen, um den Startcode für eure Rückkehr zur Erde zu erhalten. Nur mit diesem Code könnt ihr die Mission erfolgreich abschließen und sicher zur Erde zurückkehren.

Seid ihr bereit, die Geheimnisse der Galileischen Monde zu lüften und eure Mission erfolgreich abzuschließen? Das Abenteuer eures Lebens wartet auf euch. Viel Erfolg, Weltraumforscher!"

## Infotext: **Jupitermond Io**

Io, der innerste der vier Galileischen Monde des Jupiters, ist der **vulkanisch aktivste Himmelskörper** in unserem Sonnensystem. Mit einer durchschnittlichen Temperatur von etwa -143 Grad Celsius kann Io auf den ersten Blick kalt erscheinen, doch seine Oberfläche ist übersät mit aktiven Vulkanen, die Temperaturen von bis zu 1.600 Grad Celsius erreichen. Diese Vulkane speien regelmäßig Lava und Gas, wodurch ständig neue Oberflächenschichten entstehen.

Die Oberfläche von Io ist ein farbenprächtiges Mosaik aus Schwefel- und Silikatgesteinen, das durch die verschiedenen chemischen Zusammensetzungen und Temperaturen in leuchtenden Gelb-, Rot- und Schwarz-Tönen schimmert. Große Lavaflüsse, Schwefelablagerungen und Vulkanplatten prägen das Landschaftsbild und machen Io zu einem dynamischen und sich ständig verändernden Himmelskörper.

Im Inneren von Io befindet sich ein eisenreicher Kern, der von einem Mantel aus silikatischem Gestein umgeben ist. Diese Struktur ähnelt der von terrestrischen Planeten wie der Erde. Aufgrund der enormen **Gezeitenkräfte**, die durch die **gravitative Wechselwirkung mit Jupiter** und den anderen Galileischen Monden entstehen, wird Io ständig geknetet und verformt. Diese Gezeitenkräfte erzeugen enorme Hitze im Inneren, die für die intensive vulkanische Aktivität verantwortlich ist.

Eine besondere Eigenschaft von Io ist das Fehlen von Kratern auf seiner Oberfläche, die normalerweise durch Meteoriteneinschläge entstehen. Die kontinuierliche Vulkanaktivität erneuert die Oberfläche so schnell, dass Einschlagskrater schnell wieder verschwinden. Zudem hat Io eine dünne Atmosphäre, die hauptsächlich aus Schwefeldioxid besteht. Diese Atmosphäre ist zu dünn und ungeeignet, um atembar zu sein, aber sie trägt zur einzigartigen chemischen Zusammensetzung und Dynamik der Mondoberfläche bei.

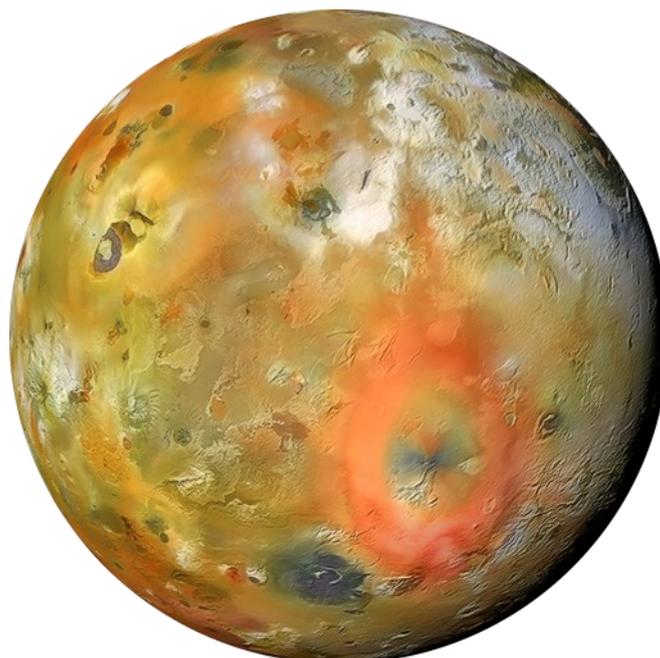


Abbildung 3: Jupitermond Io. © NASA.

## Infotext: **Jupitermond Europa**

Europa, der zweitinnerste der Galileischen Monde, ist besonders wegen seines potenziellen unterirdischen Ozeans von großem Interesse. Mit einer durchschnittlichen Oberflächentemperatur von etwa -160 Grad Celsius ist Europa einer der kältesten Monde des Jupiter. Seine Oberfläche ist von einer dicken Eisschicht bedeckt, die von zahlreichen Rissen und Streifen durchzogen ist. Diese Merkmale deuten auf eine komplexe geologische Geschichte und eine dynamische innere Struktur hin.

Die Oberfläche von Europa ist erstaunlich glatt im Vergleich zu anderen Monden und Planeten. Die wenigen vorhandenen Krater sind flach und selten, was darauf hindeutet, dass die Eisschicht regelmäßig durch tektonische Prozesse erneuert wird. Diese Prozesse könnten durch das Aufbrechen und erneute Gefrieren von Wasser unter der Eiskruste verursacht werden, was das charakteristische Streifenmuster erzeugt.

Unter der Eisschicht, die schätzungsweise 15 bis 25 Kilometer dick ist, vermuten Wissenschaftler einen salzigen Ozean, der bis zu 100 Kilometer tief sein könnte. Der innere Aufbau Europas besteht wahrscheinlich aus einem silikatischen Mantel und einem eisenreichen Kern, ähnlich wie bei den terrestrischen Planeten. Die Wärme, die durch die Gezeitenkräfte von Jupiter erzeugt wird, könnte ausreichen, um den Ozean flüssig zu halten und möglicherweise hydrothermale Aktivitäten am Meeresboden zu fördern.

Eine der faszinierendsten Fragen bezüglich Europas ist die Möglichkeit von Leben. Der unterirdische Ozean könnte alle notwendigen Bedingungen für mikrobielles Leben bieten, ähnlich wie die extremen Umgebungen auf der Erde, in denen Leben existiert. Zudem wird Europas dünne Atmosphäre, die hauptsächlich aus Sauerstoff besteht, ständig durch die Wechselwirkung von Jupiters Magnetfeld und der eisigen Oberfläche erneuert.

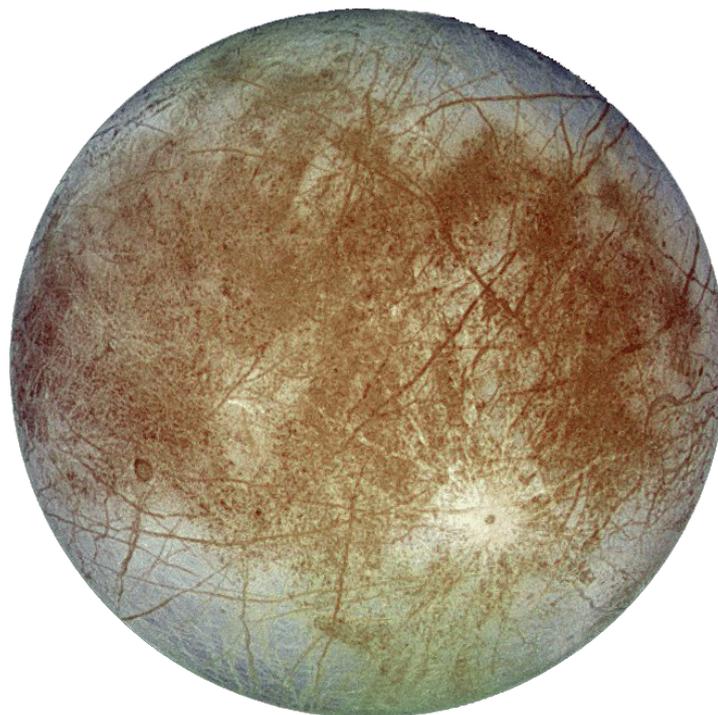


Abbildung 4: Jupitermond Europa © NASA.

## Infotext: **Jupitermond Ganymed**

Ganymed, der größte Mond im Sonnensystem, ist sogar größer als der Planet Merkur. Mit einem Durchmesser von etwa 5.268 Kilometern ist er der einzige Mond, der über ein eigenes Magnetfeld verfügt. Die Oberflächentemperaturen auf Ganymed variieren stark, von etwa -200 Grad Celsius in der Nacht bis zu -120 Grad Celsius am Tag. Diese extremen Temperaturen tragen zu den vielfältigen geologischen Merkmalen des Mondes bei.

Die Oberfläche von Ganymed ist eine Mischung aus zwei Haupttypen von Terrain: helle, stark verkraterte Regionen und dunklere, jüngere Bereiche, die von Rillen und Furchen durchzogen sind. Diese Furchen deuten auf eine frühere tektonische Aktivität hin, die die Oberfläche geformt hat. Zudem finden sich zahlreiche **Krater**, die **von Meteoriteneinschlägen** zeugen.

Ganymeds innerer Aufbau ist komplex und besteht aus einem eisigen Mantel, der einen felsigen Kern umgibt. Dieser Kern enthält wahrscheinlich einen metallischen Kern aus Eisen und Nickel, der das Magnetfeld des Mondes erzeugt. Der innere Aufbau von Ganymed ähnelt somit dem der terrestrischen Planeten, mit einer differenzierten Schichtstruktur, die von einem metallischen Kern bis zu einer eisigen Kruste reicht.

Eine bemerkenswerte Besonderheit Ganymeds ist sein **Magnetfeld**, das vermutlich durch einen dynamoähnlichen Prozess im flüssigen metallischen Kern erzeugt wird. Dieses Magnetfeld interagiert mit Jupiters starkem Magnetfeld und schafft komplexe Magnetosphärenstrukturen um den Mond. Ganymed besitzt zudem eine dünne Atmosphäre, die hauptsächlich aus Sauerstoff besteht, aber viel zu dünn ist, um Leben zu unterstützen.



Abbildung 5: Jupitermond Ganymed © NASA.

## Infotext: Jupitermond Kallisto

Kallisto, der zweitgrößte Mond des Jupiter und drittgrößter Mond im Sonnensystem, hat eine stark verkraterte Oberfläche, die ihm ein sehr markantes und unverwechselbares Aussehen verleiht. Diese Oberfläche ist eine Mischung aus Eis und Gestein, durchsetzt mit zahlreichen Einschlagskratern und alten geologischen Merkmalen. Die Krater variieren in Größe und Tiefe und sind über die gesamte Oberfläche verteilt, was auf eine lange Geschichte von Meteoriteneinschlägen hinweist.

Kallisto besitzt eine dünne Atmosphäre, die hauptsächlich aus Kohlendioxid besteht, mit Spuren von Sauerstoff. Diese Atmosphäre ist extrem dünn im Vergleich zur Erdatmosphäre, bietet aber dennoch interessante Forschungsperspektiven. Trotz ihrer geringen Dichte spielt sie eine Rolle in den chemischen Prozessen auf der Mondoberfläche.

Einer der faszinierendsten Aspekte von Kallisto ist die Vermutung, dass unter seiner Eiskruste ein salziger, unterirdischer Ozean existieren könnte. Dieser Ozean wird durch Messungen von Magnetfeldern und Gravitationseinflüssen vermutet, die auf die Bewegung von leitfähigem Material hinweisen, das unter der Oberfläche verborgen ist. Wenn bestätigt, könnte dieser Ozean wichtige Hinweise auf die Möglichkeit von Leben außerhalb der Erde liefern und Kallisto zu einem Hauptziel für zukünftige Missionen machen.

Die Oberfläche von Kallisto zeigt auch eine Vielzahl von geologischen Merkmalen wie Rillen und Furchen, die durch tektonische Prozesse entstanden sein könnten. Diese Merkmale sind jedoch weniger ausgeprägt als auf den anderen Galileischen Monden, was Kallisto eine einzigartige geologische Identität verleiht.

Kallisto bietet durch seine stark verkraterte Oberfläche, die dünne Atmosphäre und den möglichen unterirdischen Ozean zahlreiche Forschungsanreize. Seine einzigartigen Eigenschaften machen ihn zu einem faszinierenden Objekt der Planetologie und einem wichtigen Ziel für zukünftige Raumfahrtmissionen.

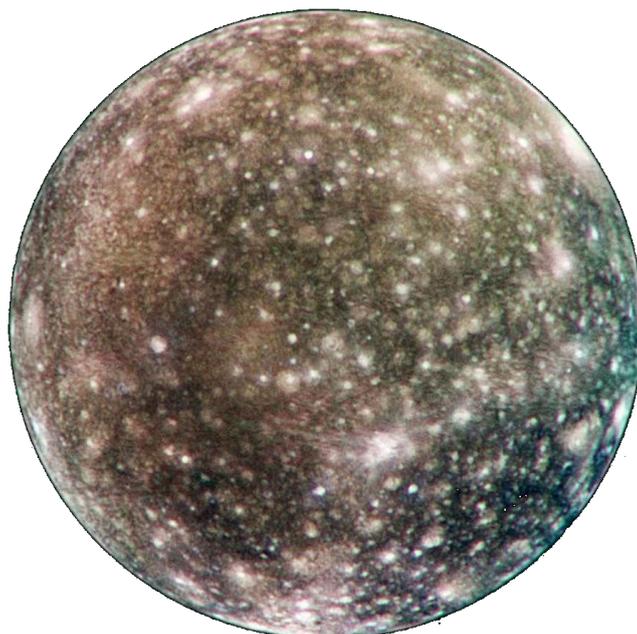


Abbildung 6: Jupitermond Kallisto. © NASA.

# Oberflächenkarte von Io

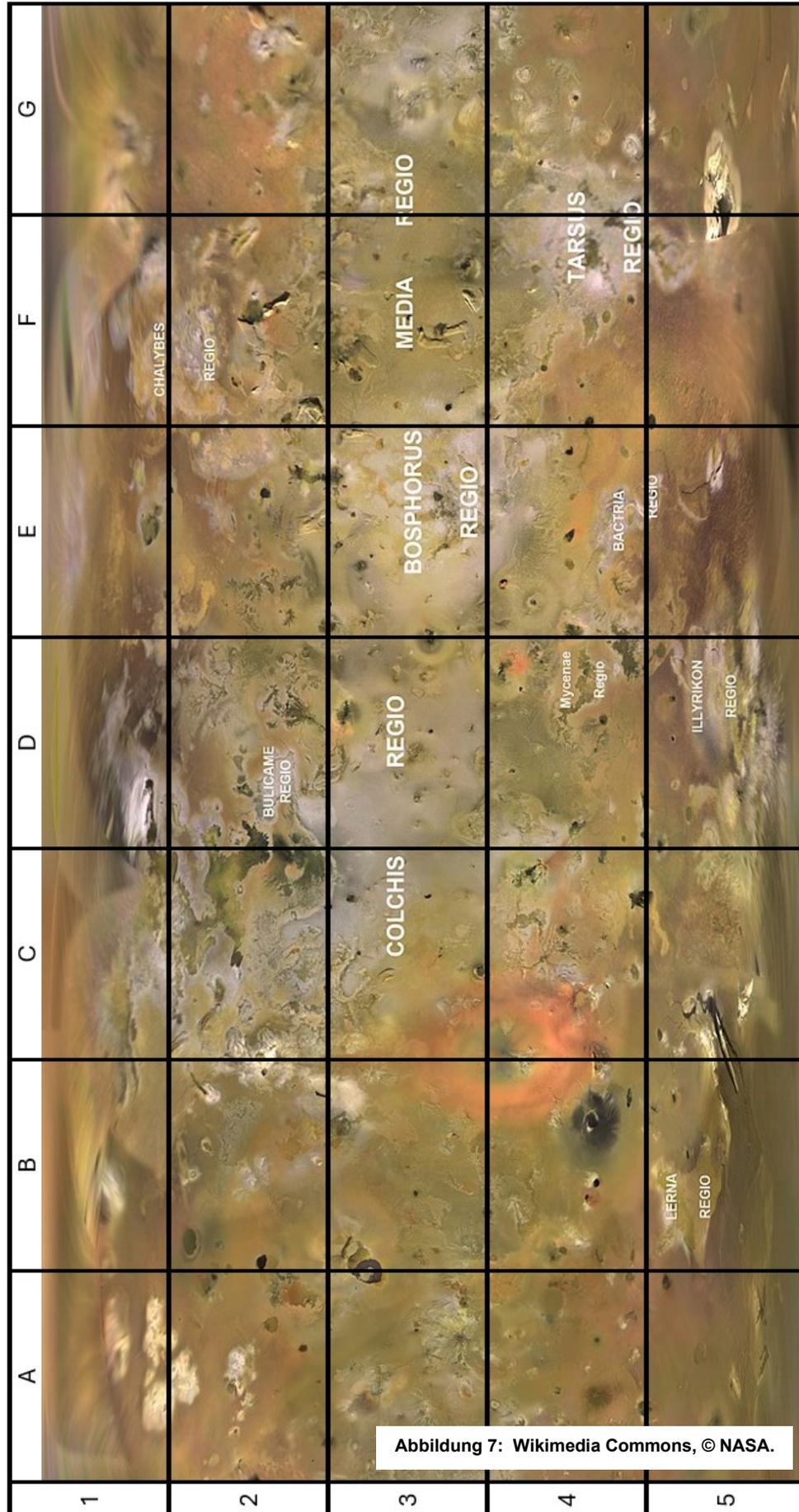


Abbildung 7: Wikimedia Commons, © NASA.

## Station 1: Jupitermond Io

---

Auf Io habt ihr die intensive vulkanische Aktivität hautnah erlebt und zahlreiche Vulkane untersucht. Ihr habt spektakuläre Ausbrüche und Lavaseen beobachtet, die kontinuierlich die Oberfläche erneuern. Bodenproben und Messungen haben euch wertvolle Daten über die chemische Zusammensetzung und Hitzequellen geliefert. Die extreme geologische Dynamik von Io bot euch faszinierende Einblicke in die vulkanischen Prozesse des Jupitermondes. Nun müsst ihr abschließend noch die Vulkane Pele, Loki Patera und Culann Patera lokalisieren und in die Karte eintragen, um die Kartierung der vulkanischen Aktivität Io abzuschließen.



**Aufgabe 1:** Lokalisiert nun anhand des Textes die Lage des Vulkans Pele und zeichnet ihn in der Oberflächenkarte von Io ein.

*Pele ist einer der aktivsten und bekanntesten Vulkane auf Io, dem vulkanischen Mond des Jupiters. Dieser Vulkan ist bekannt für seine enormen vulkanischen Aktivitäten. Die Region um Pele zeichnet sich durch leuchtend rote und gelbe Farben aus, die durch Schwefeldioxid- und Schwefelablagerungen verursacht werden. Diese Region ist die größte ihrer Art auf Io.*

*Pele ist berühmt für seine riesigen Lavaseen und spektakulären Ausbrüche, die Schwefeldioxid und andere vulkanische Gase in die dünne Atmosphäre von Io schleudern. Diese Ausbrüche sind sehr intensiv und können Lavafontänen erzeugen, die bis zu 300 Kilometer hoch in die Atmosphäre geschleudert werden. Während der Ausbrüche können die Temperaturen in der Nähe von Pele extrem hoch werden, bis zu 1.600 Grad Celsius. Die hohe vulkanische Aktivität erzeugt extreme Hitze, die den Lavasee und die Umgebung aufheizt.*

*Die Oberfläche um Pele herum ist durch kontinuierliche vulkanische Aktivitäten ständig in Veränderung. Diese Region ist mit ausgedehnten Lavaflüssen und Schwefelablagerungen bedeckt, die eine farbenprächtige und dynamische Landschaft schaffen. Die vulkanischen Prozesse bei Pele und anderen Vulkanen auf Io bieten einzigartige Einblicke in die geologischen Aktivitäten jenseits der Erde. Die Beobachtungen und Studien von Pele helfen Wissenschaftlern, die Wechselwirkungen zwischen den Gezeitenkräften von Jupiter und der vulkanischen Aktivität auf Io zu verstehen.*

*Pele wurde erstmals durch die Voyager-Missionen in den späten 1970er Jahren entdeckt und untersucht. Weitere detaillierte Beobachtungen wurden durch die Galileo-Sonde in den 1990er und frühen 2000er Jahren gemacht. Pele bleibt ein Schwerpunkt der Erforschung in der Astronomie und Planetologie, da seine extreme vulkanische Aktivität einzigartig im Sonnensystem ist.*

**Frage:** In welchem Planquadrat befindet sich die Mitte des Zentralkraters von Pele?

Unsere Antwort: \_\_\_\_\_

 **Aufgabe 2:** Lokalisiert nun anhand des Textes die Lage des Vulkans Loki Patera und zeichnet ihn in der Oberflächenkarte von Io ein. Abbildung 8 wird euch sicher dabei helfen.

*Loki Patera ist einer der größten und aktivsten Vulkane im nördlichen Teil von Io, dem vulkanischen Mond des Jupiters. Er besitzt eine kraterförmige Struktur mit einem Durchmesser von ca. 200 km und ist bekannt für seinen enorm großen Lavasee darin. Loki Patera zeichnet sich durch eine besondere Struktur aus, die aus mehreren sich überlappenden Calderen besteht, die regelmäßig Lava freisetzen.*

*Loki Patera ist nicht nur wegen seiner Größe bemerkenswert, sondern auch wegen seiner intensiven vulkanischen Aktivität. Der Vulkan zeigt periodische Ausbrüche, bei denen große Mengen an Lava freigesetzt werden, die die Oberfläche überfluten und erneuern. Diese Ausbrüche folgen einem zyklischen Muster und treten in Intervallen von etwa 540 bis 600 Tagen auf. Während dieser Ausbrüche kann die Temperatur in der Region stark ansteigen, wobei Spitzenwerte von bis zu 1.600 Grad Celsius erreicht werden.*

*Die Oberfläche um Loki Patera herum ist durch die kontinuierliche vulkanische Aktivität ständig in Veränderung. Der riesige Lavasee im Zentrum des Vulkans ist ein zentrales Merkmal und ein wichtiger Indikator für die vulkanische Aktivität. Die Lava im See kühlt und erstarrt an der Oberfläche, während sie darunter weiterhin flüssig bleibt. Periodisch bricht die erstarrte Oberfläche auf, und frische Lava tritt hervor, was zu den intensiven Ausbrüchen führt.*

*Loki Patera ist ein bedeutendes Forschungsobjekt, da seine vulkanische Aktivität und seine Struktur einzigartige Einblicke in die geologischen Prozesse auf Io bieten. Die Gezeitenkräfte von Jupiter spielen eine entscheidende Rolle bei der Erwärmung des Inneren von Io, was die vulkanische Aktivität antreibt. Diese Kräfte erzeugen immense Hitze durch Reibung im Inneren des Mondes, die dann in Form von Vulkanismus an die Oberfläche tritt.*

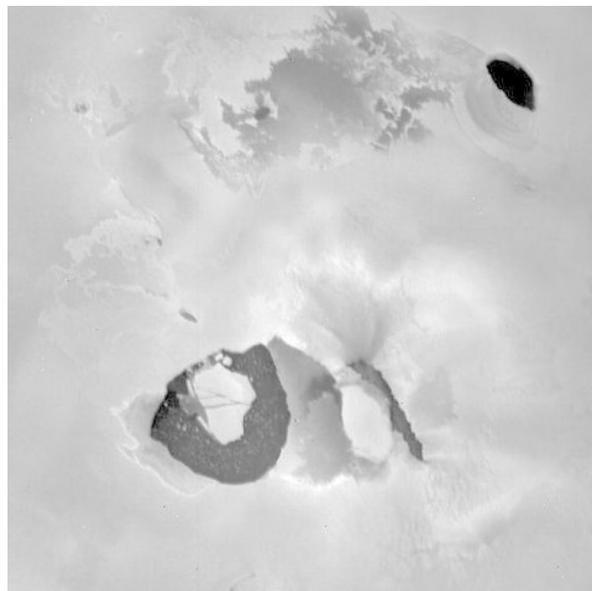


Abbildung 8: Loki Patera - einer der größten und aktivsten Vulkane auf Io. © NASA.

**Frage:** In welchem Planquadrat befindet sich Loki Patera?

Unsere Antwort: \_\_\_\_\_

 **Aufgabe 3:** Lokalisiert abschließend anhand des Textes die Lage des Vulkans Culann Patera und zeichne ihn in der Oberflächenkarte von Io ein.

*Culann Patera liegt südöstlich von Colchis Regio und ist ein bedeutendes vulkanisches Merkmal auf Io.*

*Culann Patera ist ein großer, aktiver Vulkan, der durch seine markante Caldera und ausgedehnte Lavaströme gekennzeichnet ist. Die Caldera selbst ist ein tiefer Einbruch, der durch die Entleerung einer darunterliegenden Magmakammer entstanden ist.*

*Der Vulkan zeigt regelmäßige vulkanische Aktivität, einschließlich Lavaausbrüchen und der Freisetzung von Schwefelgasen. Die Umgebung von Culann Patera ist durch die Ablagerung von Schwefel und Schwefeldioxid gekennzeichnet, was der Region eine leuchtend rote und gelbe Färbung verleiht. Sie ist deutlich kleiner als die von Pele.*

*Die Temperaturen in der Region Culann Patera können extrem hoch werden, insbesondere während aktiver Ausbruchphasen, in denen die Lava Temperaturen von bis zu 1.600 Grad Celsius erreicht.*

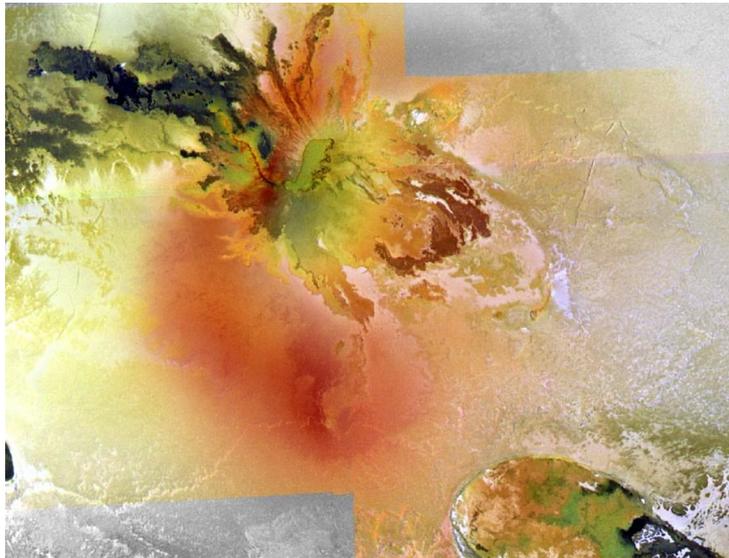


Abbildung 9: Culann Patera © NASA.

**Frage:** In welchem Planquadrat befindet sich Culann Patera?

Unsere Antwort: \_\_\_\_\_

Addiere nun die Zahlen der drei Planquadrate und bilde anschließend die Quersumme. Das Ergebnis entspricht der ersten PIN-Zahl (Beispiel: A3+B7+E2  $\Rightarrow$  3+7+2  $\Rightarrow$  12  $\Rightarrow$  3)

Die erste PIN-Zahl lautet: \_\_\_\_\_

## Station 2: Jupitermond Europa

Ihr habt bereits auf der Oberfläche Europas mysteriöse Eisformationen und ungewöhnliche Lichtphänomene beobachtet. Zudem habt ihr seltsame Spuren entdeckt, die auf bisher unbekannte Lebensformen hindeuten könnten. Nun ist es an der Zeit, unter die Oberfläche abzutauschen.

**Aufgabe 1:** Im Folgenden seht ihr einen Querschnitt durch den Jupitermond Europa. Wie heißen die einzelnen Schichten? Ergänzt das Schaubild mit den fehlenden Begriffen.

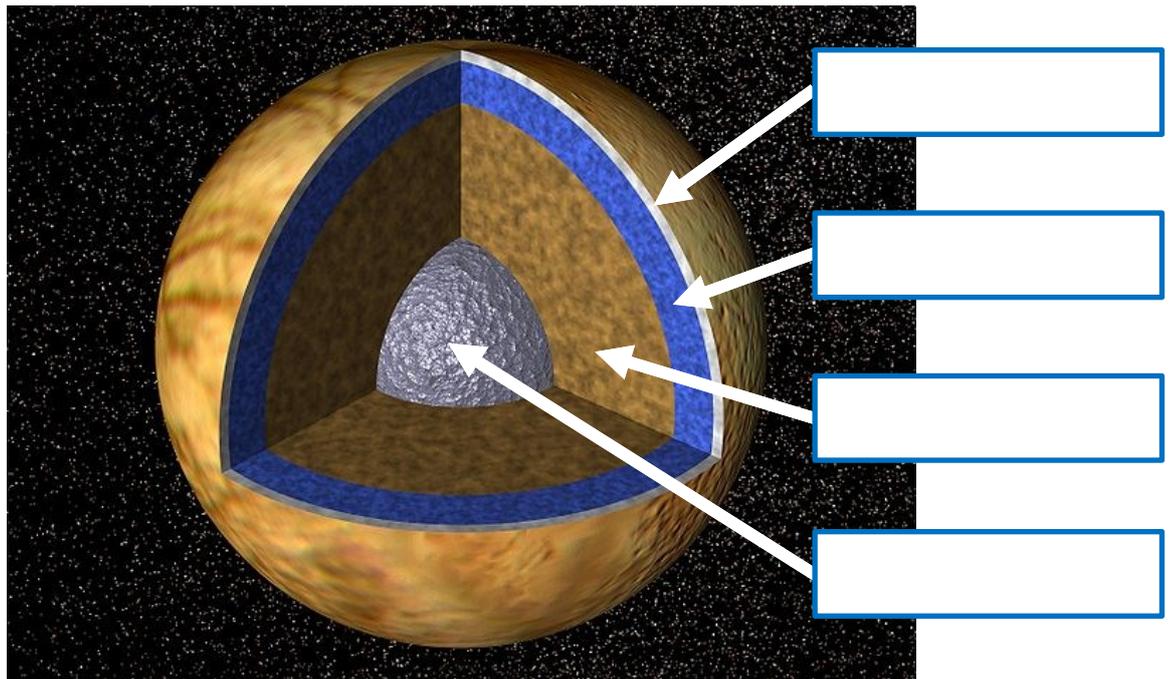


Abbildung 10: Innerer Aufbau des Jupitermonds Europa. © NASA.

*Der innere Aufbau des Jupitermondes Europa besteht aus mehreren Schichten, die ihm seine einzigartigen geologischen Eigenschaften verleihen. An der Oberfläche befindet sich eine dicke Eiskruste, die schätzungsweise 15 bis 25 Kilometer dick ist. Diese Eisschicht ist von zahlreichen Rissen und Streifen durchzogen, die durch die Gezeitenkräfte von Jupiter verursacht werden.*

*Unter der Eiskruste vermuten Wissenschaftler einen globalen, salzigen Ozean, der etwa 60 bis 150 Kilometer tief sein könnte. Dieser Ozean bleibt durch die Wärme flüssig, die durch die Gezeitenkräfte im Inneren Europas erzeugt werden. Der salzige Ozean ist von großem Interesse, da er potenziell lebensfreundliche Bedingungen bieten könnte, ähnlich wie die Tiefseehydrothermalquellen auf der Erde.*

*Darunter liegt ein silikatischer Mantel, der aus Gestein besteht und strukturell dem Erdmantel ähnelt. Der Mantel ist vermutlich mehrere hundert Kilometer dick und umgibt den Kern des Mondes.*

*Im Zentrum von Europa befindet sich ein metallischer Kern, der hauptsächlich aus Eisen und Nickel besteht. Dieser Kern ähnelt dem der terrestrischen Planeten und könnte einen festen oder flüssigen Zustand haben, ähnlich wie der innere und äußere Kern der Erde.*

*Zusammengefasst besteht Europas Schichtaufbau aus einer eisigen Oberfläche, einem darunter liegenden flüssigen Ozean, einem silikatischen Mantel und einem metallischen Kern. Dieser Aufbau macht Europa zu einem faszinierenden Objekt für die planetare Forschung, insbesondere im Hinblick auf die Möglichkeit außerirdischen Lebens in seinem unterirdischen Ozean.*

 **Aufgabe 2:** Nachdem ihr euch mit dem Aufbau Europas vertraut gemacht habt, plant ihr nun eine Mission durch die Eisschicht, um den inneren Ozean nach möglichem außerirdischem Leben zu erkunden. Diskutiert und wählt hierzu aus folgender Liste 5 sinnvolle Utensilien aus, die ihr auf eure Mission mitnehmen möchtet:

01. Eisbohrer und Schmelzsonden	<input type="radio"/>
02. Kameras für sichtbares Licht	<input type="radio"/>
03. Mechanisches Barometer	<input type="radio"/>
04. Unterwasserdrohnen	<input type="radio"/>
05. Radioteleskope	<input type="radio"/>
06. Spektrometer	<input type="radio"/>
07. Seismometer	<input type="radio"/>
08. Optische Teleskope	<input type="radio"/>
09. Mikroskope	<input type="radio"/>
10. Temperatur- und Drucksensoren	<input type="radio"/>
11. Schallpegelmesser	<input type="radio"/>
12. Spektroskop für UV-Licht	<input type="radio"/>
13. GPS-Empfänger	<input type="radio"/>
14. Mobiltelefone	<input type="radio"/>
15. Elektrische Heizlüfter	<input type="radio"/>

 **Aufgabe 3:** Addiert nun die Nummern der von euch gewählten 5 sinnvollen Utensilien und bildet erneut die Quersumme. Die sich daraus ergebende Zahl ist eure nächste PIN-Zahl.

**Die zweite PIN-Zahl lautet:** \_\_\_\_\_

## Station 3: Jupitermond Ganymed

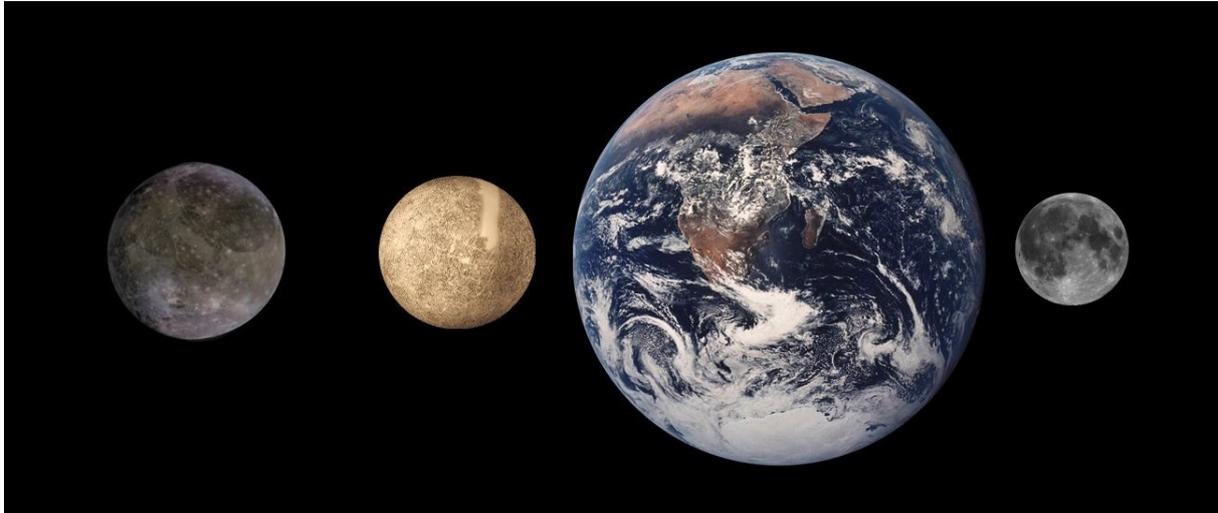


Abbildung 11: Größenvergleich zwischen Ganymed, Merkur, Erde und Erdmond © NASA.

Ihr habt Ganymeds beeindruckende geologische Merkmale erforscht, darunter alte, stark verkraterte Regionen und jüngere, glattere Gebiete. Ihr habt Hinweise auf einen unterirdischen Ozean entdeckt und das einzigartige Magnetfeld des Mondes vermessen. Eure Bodenproben und Eisanalysen haben wertvolle Erkenntnisse über die chemische Zusammensetzung und mögliche geologische Aktivitäten geliefert. Ganymed bot euch faszinierende Einblicke in die Geschichte und Dynamik dieses Jupitermondes.

### Aufgabe 1:

Ihr seid von der enormen Größe des Mondes fasziniert, doch wievielfach größer ist Ganymed eigentlich genau im Vergleich zum Planeten Merkur?

Errechnet zunächst die Volumina von Ganymed und Merkur. Benutzt hierzu folgende Formel zur Volumenberechnung von Kugeln:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Die Durchmesser betragen für Ganymed 5.268 km und für Merkur 4.880 km.

Vergleicht anschließend die Volumina und rundet das Ergebnis auf zwei Dezimalstellen.

Addiert die Vorkommastelle und die beiden Nachkommastellen und ihr erhaltet eure nächste PIN-Zahl.

Die dritte PIN-Zahl lautet: \_\_\_\_\_

## Station 4: Jupitermond Kallisto

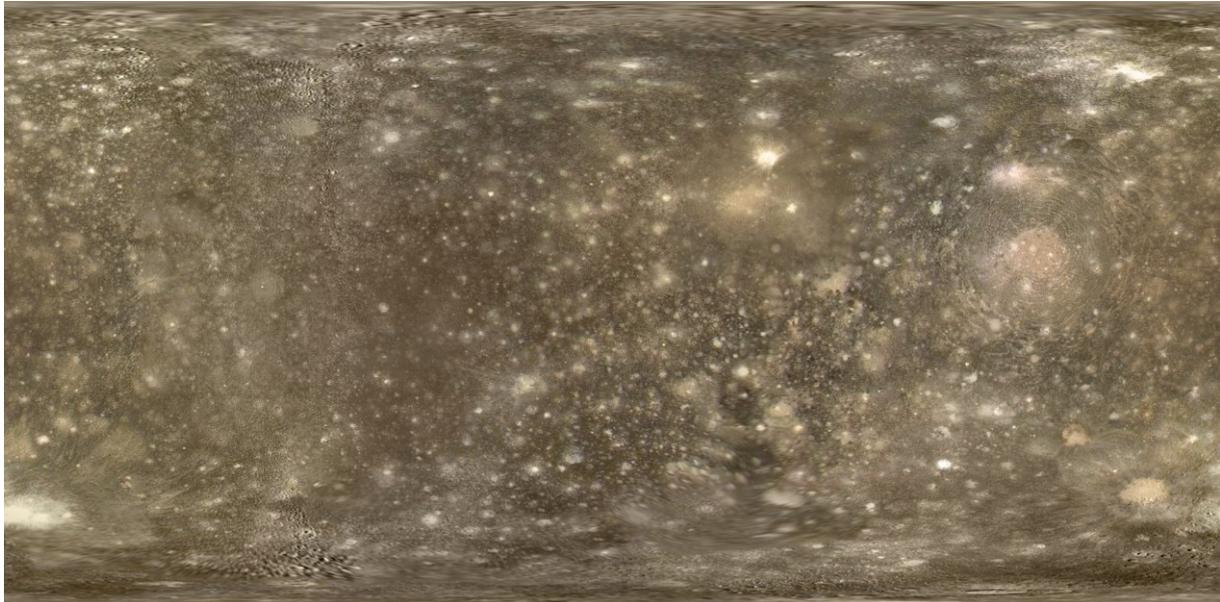


Abbildung 12: Die stark verkraterte Oberfläche Kallistos Querschnitt Jupitermond Europa © NASA

Auf Kallisto habt ihr die stark verkraterte Oberfläche des Mondes erkundet, ihr seid Hinweisen auf mögliche geologische Aktivitäten nachgegangen und habt Bodenproben gesammelt. Dabei habt ihr zahlreiche Krater kartiert. Nun gilt es, das Alter der Oberfläche zu bestimmen. Dabei hilft uns die **Kraterdichte**, die es nun zu bestimmen gibt.



**Aufgabe 1:** Auf mehreren Aufnahmen habt ihr festgestellt, dass es durchschnittlich etwa 150 Krater pro 1000 km<sup>2</sup> gibt. Berechnet nun die mittlere Kraterdichte pro Quadratkilometer und tragt diese in folgende Vergleichstabelle ein:

Himmelskörper	Kraterdichte (Krater/km <sup>2</sup> )
Mars	~0,05
Merkur	~0,1
Erdmond	~0,04
Io	Sehr niedrig
Europa	<0,01
Kallisto?	_____

**Frage:** Was bedeutet euer Ergebnis in Bezug auf das Alter der Oberfläche sowie auf die geologischen Aktivitäten im Inneren Kallistos? Das erste Teilergebnis der PIN-Zahl ermittelt ihr durch die Addition der ersten beiden Dezimalstellen der errechneten Kraterdichte Kallistos. Diese Teillösung wird abschließend vom Ergebnis aus Aufgabe 2 abgezogen.

**Aufgabe 2:** Beantwortet nun folgende Multiple-Choice-Fragen zu Kallisto:

**Frage 1:** Welche der folgenden Aussagen über die Oberfläche von Kallisto ist korrekt?

- P) Sie besteht hauptsächlich aus Eis und Gestein und ist stark verkratert.
- Q) Sie besteht hauptsächlich aus flüssigem Wasser und ist frei von Kratern.
- R) Sie besteht hauptsächlich aus gefrorenem Methan und ist leicht verkratert.

**Frage 2:** Welches Gas ist in der dünnen Atmosphäre von Kallisto am häufigsten zu finden?

- S) Sauerstoff
- T) Kohlendioxid
- U) Stickstoff

**Frage 3:** Was vermuten Wissenschaftler hauptsächlich unter der Eiskruste von Kallisto?

- V) Einen salzigen, unterirdischen Ozean
- W) Ein tiefes Meer aus flüssigem Methan
- X) Ein Netzwerk aus gefrorenen Ammoniakflüssen

**Frage 4:** Welche geologischen Merkmale auf Kallistos Oberfläche deuten auf tektonische Aktivitäten hin?

- Y) Rillen und Furchen
- Z) Vulkanische Ebenen und Täler
- A) Gebirgsketten und Schluchten

**Frage 5:** Warum ist Kallisto trotz seiner geologischen Inaktivität für zukünftige Missionen von Interesse?

- B) Aufgrund seiner stark verkraterten Oberfläche, dünnen Atmosphäre und des möglichen unterirdischen Ozeans
- C) Wegen seiner geologischen Inaktivität und dem Fehlen einer Atmosphäre
- D) Wegen seiner Nähe zu anderen Galileischen Monden und seiner glatten Oberfläche

Ermittelt nun die Zahlenwerte zu den einzelnen Lösungsbuchstaben, addiert diese und bildet erneut die Quersumme:

<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>

\_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ ⇒ \_\_\_\_\_

- \_\_\_\_\_ (PIN-Zahl aus Aufgabe 1) = \_\_\_\_\_

**Die vierte und letzte PIN-Zahl lautet:** \_\_\_\_\_



Gebt nun hier euren Startcode für die Rückkehr zur Erde ein:

--	--	--	--

## Lösungen

### Station 1: Jupitermond Io

---

**Aufgabe 1:** Das Zentrum des Kraters von Vulkan Pele befindet sich in Planquadrat **(B)/C4**.

**Aufgabe 2:** Loki Patera befindet sich in Planquadrat **A/B3**.

**Aufgabe 3:** Culann Patera befindet sich in Planquadrat **D4**.

Berechnung der ersten PIN-Zahl:  $4 + 3 + 4 = 11 \Rightarrow$  Die Quersumme beträgt **2**.

**Die erste PIN-Zahl lautet 2.**

### Station 2: Jupitermond Europa

---

#### Aufgabe 2:

**01. Eisbohrer und Schmelzsonden**

02. Kameras für sichtbares Licht

03. Mechanischer Barometer

**04. Unterwasserdrohnen**

05. Radioteleskope

**06. Spektrometer**

**07. Seismometer**

08. Optische Teleskope

**09. Mikroskope**

10. Temperatur- und Drucksensoren

11. Schallpegelmesser

12. Spektroskop für UV-Licht

13. GPS-Empfänger

14. Mobiltelefone

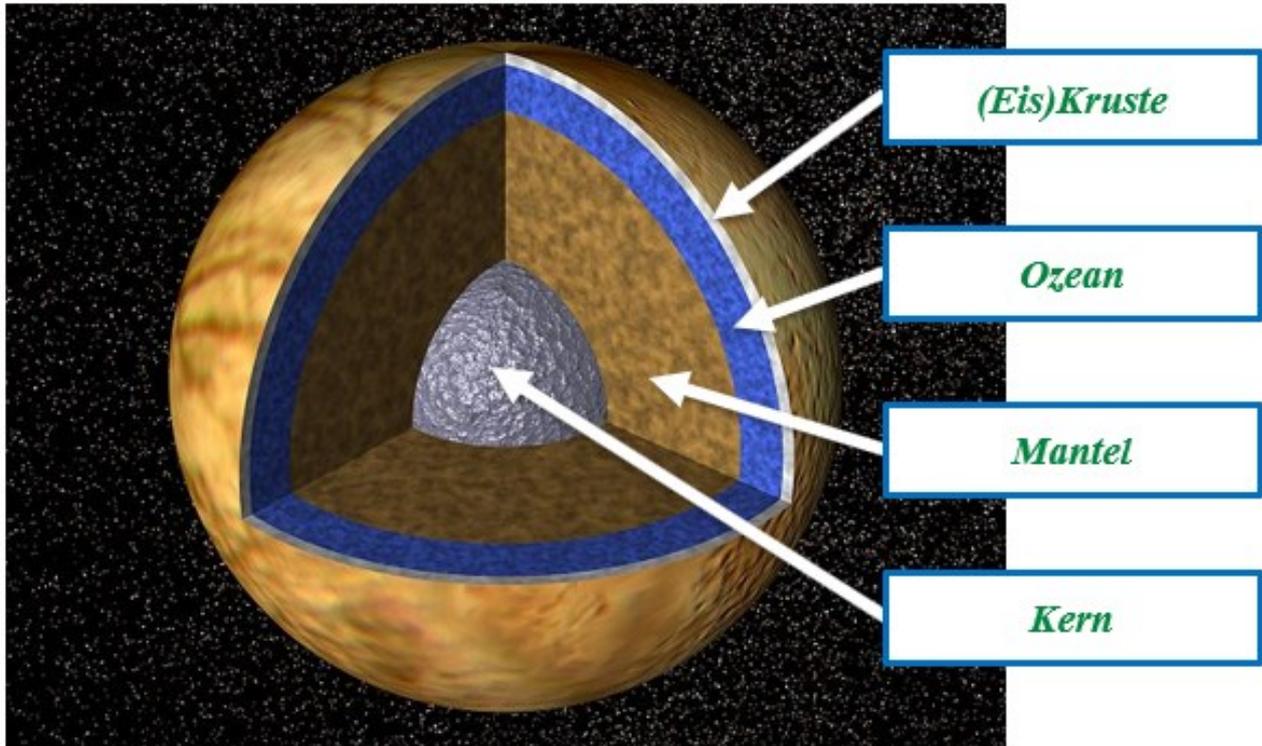
15. Elektrische Heizlüfter

Berechnung der zweiten PIN-Zahl:  $1 + 4 + 6 + 7 + 9 = 27 \Rightarrow$  Die Quersumme beträgt **9**.

**Die zweite PIN-Zahl lautet 9.**

## Station 3: Jupitermond Ganymed

### Aufgabe 1:



### Aufgabe 2:

Berechnung der Volumina von Ganymed und Merkur:

$$\text{Ganymed: } r = \frac{5.268}{2} = 2.634 \text{ km}$$

$$V_{\text{Ganymed}} = \frac{4}{3}\pi(2.634)^3 \approx 76.3 \times 10^9 \text{ km}^3$$

$$\text{Merkur: } r = \frac{4.880}{2} = 2.440 \text{ km}$$

$$V_{\text{Merkur}} = \frac{4}{3}\pi(2.440)^3 \approx 60.8 \times 10^9 \text{ km}^3$$

$$\frac{V_{\text{Ganymed}}}{V_{\text{Merkur}}} = \frac{76.3 \times 10^9}{60.8 \times 10^9} \approx 1.25$$

Nach Addition der Vorkommastelle und die beiden Nachkommastellen ergibt sich folgende dritte PIN-Zahl:

$$1 + 2 + 5 = 8$$

Die dritte PIN-Zahl lautet 8.

## Station 4: Jupitermond Kallisto

---

### Aufgabe 1:

Die Kraterdichte beträgt 0,15 Krater/km<sup>2</sup>, daher lautet das **erste Teilergebnis 6** (1 + 5).

**Antwort:** Himmelskörper mit hoher Kraterdichte wie Kallisto und Merkur haben alte, geologisch inaktive Oberflächen, während solche mit niedriger Kraterdichte wie Europa und Io geologisch aktiv sind und ihre Oberflächen regelmäßig erneuern.

### Aufgabe 2:

**Frage 1:** Welche der folgenden Aussagen über die Oberfläche von Kallisto ist korrekt?

**Lösung: P) Sie besteht hauptsächlich aus Eis und Gestein und ist stark verkratert.**

**Frage 2:** Welches Gas ist in der dünnen Atmosphäre von Kallisto am häufigsten zu finden?

**Lösung: T) Kohlendioxid**

**Frage 3:** Was vermuten Wissenschaftler hauptsächlich unter der Eiskruste von Kallisto?

**Lösung: V) Einen salzigen, unterirdischen Ozean**

**Frage 4:** Welche geologischen Merkmale auf Kallistos Oberfläche deuten auf tektonische Aktivitäten hin?

**Lösung: Y) Rillen und Furchen**

**Frage 5:** Warum ist Kallisto trotz seiner geologischen Inaktivität für zukünftige Missionen von Interesse?

**Lösung: B) Aufgrund seiner stark verkraterten Oberfläche, dünnen Atmosphäre und des möglichen unterirdischen Ozeans**

### Lösungen in Zahlenwerten:

- Frage 1: P = 1
- Frage 2: T = 5
- Frage 3: V = 7
- Frage 4: Y = 10
- Frage 5: B = 13

Buchstaben-Zahlencode Ergebnis: 1, 5, 7, 10, 13

**1 + 5 + 7 + 10 + 13 = 36 ⇒ 9**

- **6** (Teilergebnis aus Aufgabe 1) = **3**

**Die vierte und letzte PIN-Zahl lautet 3.**



Gebt nun hier euren Startcode für die Rückkehr zur Erde ein:

2	9	8	3
---	---	---	---

## Quellen

- [1] Trockeneis auf Jupitermond Europa, Sterne und Weltraum 09/2024
- [2] [https://de.wikipedia.org/wiki/Galileische\\_Monde](https://de.wikipedia.org/wiki/Galileische_Monde)
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Galilean\\_moons](https://en.wikipedia.org/wiki/Galilean_moons) (In englischer Sprache)
- [4] <https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/projekte-und-missionen/juice/die-grossen-jupiter-monde-galileische-monde>
- [5] <https://www.skyatnightmagazine.com/astrophotography/planets/jupiter-galilean-moons> (In englischer Sprache)
- [6] <https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/JUPITER/system>
- [7] <https://www.nasa.gov> (Bildersuche)

## Bildquellen

Alle Bilder, soweit nicht direkt anders gekennzeichnet, stammen von der NASA (Public Domain).

Folgende Ausnahmen sind hier gelistet:

Abbildungen Seite 4, Seite 5 und Seite 19: Selbst erstellt mit Dall-E

Weitere WIS-Materialien zur Astronomie und allen ihren Bezügen finden sie unter der Adresse [www.wissenschaft-schulen.de](http://www.wissenschaft-schulen.de) (Fachgebiet Astronomie).

Wir würden uns freuen, wenn sie zum vorliegenden Beitrag Hinweise, Kritiken und Bewertungen an die Kontaktadresse des Autors senden könnten.